

Original document**SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE**

Publication number: JP2002359396

Publication date: 2002-12-13

Inventor: MARUYAMA TAKESHI; ISHII KAZUHISA; SASAKURA MASARU;  
TOMITA SHIYOUTAROU; KAWAGUCHI KEIZO

Applicant: STANLEY ELECTRIC CO LTD

Classification:

- international: **H01L33/00; H01L33/00**; (IPC1-7): H01L33/00

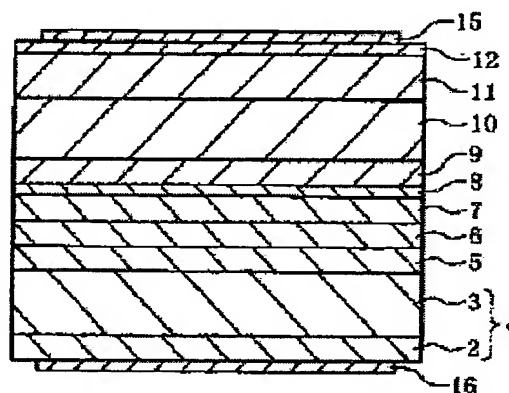
- european:

Application number: JP20010166741 20010601

Priority number(s): JP20010166741 20010601

View INPADOC patent familyReport a data error here**Abstract of JP2002359396**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a surface-emitting type semiconductor light emitting device that can be improved in light emitting efficiency. **SOLUTION:** This semiconductor light emitting device has a laminated light emitting structure formed on the main surface of a supporting substrate. The structure includes three layers of a lower clad layer, an active layer, and an upper clad layer all of which are made of semiconductor materials. The band gaps of the lower and upper clad layers are larger than that of the active layer. On the light emitting structure, a current diffusing layer is arranged. The band gap of the current diffusing layer is smaller than that of the upper clad layer and larger than the energy corresponding to the light emitting wavelength of the active layer. A first electrode is formed on a partial region of the upper surface of the current diffusing layer. The first electrode injects a carrier into the current diffusing layer. A second electrode injects another carrier having charges opposite to those of the carrier injected from the first electrode into the active layer.



- 5: バッファ層
- 6: 下部クラッド層
- 7: 下部キャリア閉込層
- 8: 歪量子井戸層
- 9: 上部キャリア閉込層
- 10: 上部クラッド層
- 11: 電流拡散層
- 12: コンタクト層
- 15: n側電極
- 16: p側電極

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-359396

(P2002-359396A)

(43) 公開日 平成14年12月13日 (2002.12.13)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H01L 33/00

識別記号

FI

H01L 33/00

データベース\* (参考)

A 5 F 0 4 1

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2001-166741(P2001-166741)

(22) 出願日 平成13年6月1日(2001.6.1)

(71) 出願人 000002303

スタンレー電気株式会社

東京都目黒区中目黒2丁目9番13号

(72) 発明者 丸山 剛

東京都目黒区中目黒2-9-13 スタンレー電気株式会社内

(72) 発明者 石井 和久

東京都目黒区中目黒2-9-13 スタンレー電気株式会社内

(74) 代理人 100091340

弁理士 高橋 敬四郎 (外2名)

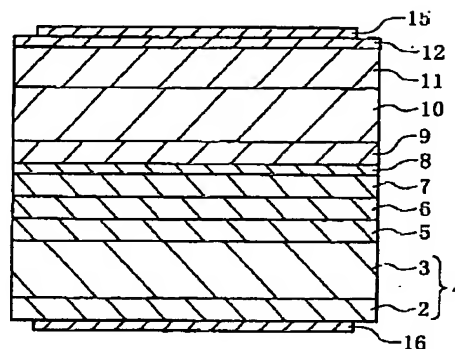
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体発光装置

(57) 【要約】

【課題】 光取り出し効率を高めることが可能な面発光型の半導体発光装置を提供する。

【解決手段】 支持基板の主面上に、発光積層構造が形成されている。発光積層構造は、半導体材料からなる下部クラッド層、活性層、及び上部クラッド層の3層を含む。下部クラッド層及び上部クラッド層のバンドギャップが活性層のバンドギャップよりも大きい。発光積層構造の上に電流拡散層が配置されている。電流拡散層のバンドギャップは、上部クラッド層のバンドギャップよりも小さく、活性層の発光波長に対応するエネルギーよりも大きい。電流拡散層の上面のうち一部の領域上に第1の電極が形成されている。第1の電極は、電流拡散層にキャリアを注入する。第2の電極が、第1の電極から注入されるキャリアとは反対の電荷を有するキャリアを活性層内に注入する。



- 5: バッファ層
- 6: 下部クラッド層
- 7: 下部キャリア閉込層
- 8: 量子井戸層
- 9: 上部キャリア閉込層
- 10: 上部クラッド層
- 11: 電流拡散層
- 12: コンタクト層
- 15: n側電極
- 16: p側電極

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体材料からなり、物理的支持力を有する支持基板と、

前記支持基板の主面上に形成され、半導体材料からなる下部クラッド層、活性層、及び上部クラッド層の3層を含み、該下部クラッド層及び上部クラッド層のバンドギャップが該活性層のバンドギャップよりも大きい発光積層構造と、

前記発光積層構造の上に配置され、前記上部クラッド層のバンドギャップよりも小さく、前記活性層の発光スペクトルのピークを与える波長に対応するエネルギーよりも大きなバンドギャップを有する半導体材料で形成された電流拡散層と、

前記電流拡散層の上面のうち一部の領域上に形成され、

該電流拡散層にキャリアを注入する第1の電極と、

前記第1の電極から注入されるキャリアとは反対の電荷を有するキャリアを、前記活性層内に注入するための第2の電極とを有する半導体発光装置。

【請求項2】 前記支持基板のバンドギャップが、前記活性層の発光スペクトルのピークを与える波長に対応するエネルギーよりも大きい請求項1に記載の半導体発光装置。

【請求項3】 前記支持基板の主面とは反対側の背面から前記活性層までの厚さが、前記電流拡散層の上面から前記活性層までの厚さよりも厚い請求項1または2に記載の半導体発光装置。

【請求項4】 前記発光積層構造が、さらに前記活性層と下部クラッド層との間に挿入された下部キャリア閉込層、及び前記活性層と上部クラッド層との間に挿入された上部キャリア閉込層とを含み、該下部キャリア閉込層と上部キャリア閉込層とのバンドギャップが、前記活性層のバンドギャップよりも大きく、かつ前記下部クラッド層及び上部クラッド層のバンドギャップよりも小さい半導体材料で形成されている請求項1～3のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項5】 前記支持基板の主面の法線方向に沿って見たときの前記活性層の面積を $S$ とし、前記電流拡散層の厚さを $d$ としたとき、 $d/S$ が $0.03\text{mm}^{-1}$ 以上である請求項1～4のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項6】 前記活性層で発生した光が、前記支持基板側及び前記電流拡散層側の双方に取り出される請求項1～5のいずれかに記載の半導体発光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体発光装置に関し、特に光の取り出し効率を高めるのに適した面発光型の半導体発光装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】シリコンを用いたフォトダイオードの受光感度が高い赤外波長領域（波長 $920\text{nm}$ 以下の赤外

領域）の光を出力する面発光型素子として、 $\text{Zn}$ ドープの $\text{GaAs}$ 層を $\text{AlGaAs}$ 層で挟んだダブルヘテロ型発光ダイオードが知られている。この $\text{GaAs}$ 層の $\text{Zn}$ 濃度を高めることにより、発光ダイオードの遮断周波数を高めることができる。ところが、 $\text{Zn}$ 濃度を高めると、発光出力が低下してしまう。

【0003】また、電極と発光層との間に介在する半導体層が薄いと、電極が配置された部分に電流が集中し、その部分に偏って発光が生ずる。電極直下の部分で発生した光は、電極によって遮蔽されるため、外部に取り出されない。このため、光の取り出し効率が低下する。電極と発光層との間に挿入された半導体層の電気抵抗を下げれば、電流が面内方向に拡散しやすくなり、発光領域が広がる。半導体層の電気抵抗を下げるためには、不純物濃度を高めればよいが、この方法では十分な光取り出し効率を得ることが困難であることがわかった。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、光取り出し効率を高めることが可能な面発光型の半導体発光装置を提供することである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明の一観点によると、半導体材料からなり、物理的支持力を有する支持基板と、前記支持基板の主面上に形成され、半導体材料からなる下部クラッド層、活性層、及び上部クラッド層の3層を含み、該下部クラッド層及び上部クラッド層のバンドギャップが該活性層のバンドギャップよりも大きい発光積層構造と、前記発光積層構造の上に配置され、前記上部クラッド層のバンドギャップよりも小さく、前記活性層の発光スペクトルのピークを与える波長に対応するエネルギーよりも大きなバンドギャップを有する半導体材料で形成された電流拡散層と、前記電流拡散層の上面のうち一部の領域上に形成され、該電流拡散層にキャリアを注入する第1の電極と、前記第1の電極から注入されるキャリアとは反対の電荷を有するキャリアを、前記活性層内に注入するための第2の電極とを有する半導体発光装置が提供される。

【0006】第1の電極から電流拡散層を経由して活性層にキャリアが注入される。電流が電流拡散層内を流れるとき、基板の面内方向に拡散する。このため、活性層の広い領域にキャリアが注入され、広い領域で発光が生ずる。このため、第1の電極に遮光されることなく、外部に取り出される光が増加し、光取り出し効率を高めることができる。

## 【0007】

【発明の実施の形態】図1に、本発明の実施例による半導体発光装置の断面図を示す。高濃度層2と低濃度層3との2層から支持基板4が構成されている。支持基板4は、 $\text{Zn}$ がドープされた $p$ 型の $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ で形成されている。高濃度層2の $\text{Zn}$ 濃度は $1 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$

$^{-3}$ であり、低濃度層3のZn濃度は $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ である。また、高濃度層2の厚さは $40 \mu\text{m}$ であり、低濃度層3の厚さは $150 \mu\text{m}$ である。

【0008】低濃度層3の表面上に有機金属化学気相成長(MOCVD)により、AlGaAsバッファ層5からGaAsコンタクト層12までの各層が形成されている。バッファ層5は、Znがドーパされたp型の $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ で形成され、その厚さは $0.2 \mu\text{m}$ 、そのZn濃度は $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。

【0009】下部クラッド層6は、Znがドーパされたp型の $\text{Al}_{0.32}\text{Ga}_{0.68}\text{As}$ で形成され、その厚さは $0.5 \mu\text{m}$ 、そのZn濃度は $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。下部キャリア閉込層(CCL層)7は、不純物を意図的にドーパしていない $\text{Al}_{0.18}\text{Ga}_{0.82}\text{As}$ で形成され、その厚さは $2 \sim 190 \text{ nm}$ である。下部キャリア閉込層7のZnのバックグラウンド濃度は $5 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ であった。

【0010】歪量子井戸層(活性層)8は、InGaAsで形成され、その厚さは $2.4 \sim 15 \text{ nm}$ 、In組成比は $0.12 \sim 0.25$ である。上部キャリア閉込層9は、不純物を意図的にドーパしていない $\text{Al}_{0.18}\text{Ga}_{0.82}\text{As}$ で形成され、その厚さは $2 \sim 190 \text{ nm}$ である。上部キャリア閉込層9のSiバックグラウンド濃度は $5 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ であった。上部クラッド層10は、Siがドーパされたn型の $\text{Al}_{0.32}\text{Ga}_{0.68}\text{As}$ で形成され、その厚さは $5.5 \mu\text{m}$ 、そのSi濃度は $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。

【0011】電流拡散層11は、Siがドーパされたp型の $\text{Al}_{0.18}\text{Ga}_{0.82}\text{As}$ で形成され、その厚さは $4.5 \mu\text{m}$ 、そのSi濃度は $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。コンタクト層12は、Siがドーパされたn型のGaAsで形成され、その厚さは $0.1 \mu\text{m}$ 、そのSi濃度は $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。

【0012】コンタクト層12の上面の一部の領域上に、下から順番にNi層、Ge層、及びAu層が積層されたn側電極15が形成されている。n側電極15は、リフトオフ法により所望の平面形状とされる。n側電極15の平面形状については、後に図2を参照して説明する。支持基板4の一部を構成する高濃度層2の表面上に、支持基板4側から順番にAu層とAuZn合金層とが積層されたp側電極16が形成されている。p側電極16は、リフトオフ法により例えばハニカム形状とされる。

【0013】図2(A)に、図1に示した半導体発光装置の平面図を示す。基板の法線に沿って見たときの半導体発光装置の形状は、ほぼ正方形である。コンタクト層12の上面に、n側電極15が形成されている。n側電極15は、コンタクト層12のほぼ中央に配置された円形部15A、及び円形部15Aから正方形の頂点に向かって延びた4本の直線部15Bにより構成される。

【0014】図2(B)に、図1に示した半導体発光装置の平面図の他の例を示す。図2(B)に示した例では、円形部のみによってn側電極15が構成される。

【0015】n側電極15の形状として、図2(A)及び図2(B)のいずれを採用するかは、光の取り出し効率の観点から決定され得る。例えば、図2(A)の電極形状は、図2(B)のものに比べて、歪量子井戸層8で発生し、n側電極15側に向かって伝搬する光を遮蔽してしまう面積が大きくなるが、電流を面内方向に拡散させるという点では、図2(B)のものよりも優れている。なお、n側電極15を、図2(A)及び(B)に示した平面形状以外の形状にしてもよい。

【0016】次に、図3を参照して、上記実施例による半導体発光装置に用いられている下地基板4の製造方法について説明する。

【0017】図3(A)に示したGaAsからなる仮の基板1を準備する。仮の基板1の主面は、GaAsの(100)面である。また、仮の基板1にはZnがドーパされてp型導電性が付与されており、その濃度は $2 \sim 5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ である。

【0018】仮の基板1の主面上に、液相エピタキシャル成長(LPE)により、 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ からなる厚さ $40 \mu\text{m}$ の高濃度層2及び厚さ $150 \mu\text{m}$ の低濃度層3を順番に成長させる。この2層が支持基板4となる。LPEには、主として温度差法と徐冷法があるが、ここでは、温度差法を採用する。温度差法を採用することにより、支持基板4のAl組成比をほぼ均一にすることができる。成長装置として、例えばスライドボート型のものを用いることができる。高濃度層2及び低濃度層3には、それぞれZn濃度が $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 及び $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ になるように、成長中にZnがドーパされる。

【0019】用いた成長用溶液は、Ga溶媒中にGaAs、Al及びZnを溶解させたものである。メルト槽内に満たされた成長用溶液の上下方向の温度勾配は、約 $5^\circ\text{C}/\text{cm}$ であり、種結晶が接触する成長用溶液下部の温度が約 $830 \sim 850^\circ\text{C}$ である。なお、成長用溶液下部の温度及び温度勾配は、成長中はほぼ一定に保持される。

【0020】図3(B)に示す状態に至るまでの工程を説明する。図3(A)に示したGaAsの仮の基板1をエッチングして除去する。これにより、支持基板4のみが残る。GaAsからなる仮の基板1は、アンモニア水と過酸化水素水とを体積比で20:1に混合したエッチング液を用いてエッチングすることができる。なお、アンモニア水の濃度は28重量%であり、過酸化水素水の濃度は31重量%である。

【0021】次に、低濃度層3の表面を研削し、凹凸を少なくする。さらに、研削された表面を研磨して加工ダメージを除去した後、化学機械研磨(CMP)による最終仕上げを行う。一般に、温度差法で成長させた半導体

層は、徐冷法で成長させた半導体に比べて、表面の平坦性が悪い。CMPによる最終仕上げを行うことにより、表面の平坦性を高めることができる。ここまでの工程で、支持基板4が得られる。

【0022】n側電極15とp側電極16との間に順方向バイアスを印加し、歪量子井戸層8にキャリアを注入することにより、赤外領域（波長800～920nm）の発光を生じさせることができる。

【0023】上記実施例では、AlGaAsからなる支持基板4が、物理的支持力を有する基板となるとともに、MOCVDの種結晶となる。基板材料としてGaAsを用いていないため、図1に示したコンタクト層12側からのみならず、支持基板4側からも光を取り出すことができる。なお、コンタクト層12は、後のチップ化工程における酸処理で除去されるため、光の取り出しの障害にはならない。歪量子井戸層8の発光スペクトルのピークを与える波長が、仮の基板1を形成する半導体材料のバンドギャップに相当する波長よりも短い場合に、特に、仮の基板1を除去する効果が高い。

【0024】また、下部キャリア閉込層7、歪量子井戸層8及び上部キャリア閉込層9がMOCVDで形成されている。このため、これらの層をLPEで形成する場合に比べて、膜厚の均一性を高めることができ、高い発光効率を実現することが可能になる。なお、MOCVDの代わりに分子線エピタキシャル成長（MBE）を用いてもよい。

【0025】図4に、支持層4の（400）面のX線ロックアップカーブの半値幅と出力維持率との関係を示す。横軸はX線ロックアップカーブの半値幅を単位「逆セカント（arc sec）」で表し、縦軸は出力維持率を単位「％」で表す。出力維持率は、初期状態の光出力を基準としたときの、1000時間通電後の光出力の相対値である。

【0026】支持層4のX線ロックアップカーブの半値幅は、支持層4の研削、研磨、及びCMP条件によって変動する。例えば、研削時のグラインド粒度を細かくすると、研削による結晶性の低下を抑制することができる。

【0027】X線ロックアップカーブの半値幅が増大するに従って出力維持率が低下していることがわかる。一般的に、出力維持率70％以上を確保することが望まれる。このために、支持層4の（400）面のX線ロックアップカーブの半値幅の逆セカントが100以下になるようにすることが好ましい。

【0028】図5（A）の右図は、深さ方向に関するAl組成比の分布を示す。横軸は、支持層4の表面からの深さを単位「 $\mu\text{m}$ 」で表し、右縦軸はAl組成比を表す。なお、上記実施例では、支持層4のAlの組成比を0.2としたが、図5（A）に示されている試料は、Al組成比が0.28になるように制御されたものである。温度差法で成長させると、成長最表面の温度がほぼ

一定に保たれるため、Al組成比をほぼ一定にすることができる。

【0029】図5（B）の左図は、活性層8の発光スペクトルの一例を示す。縦軸は波長を表し、その目盛は、右図の縦軸のAl組成比を有するAlGaAsのバンドギャップ相当の波長に対応する。横軸は発光強度を表す。発光スペクトルのほとんどの部分が、支持層4のAl組成比0.28に対応する波長よりも長波長側に位置する。このため、活性層4で発光した光は、支持層4にほとんど吸収されることなく、支持層4を透過する。このため、支持層4側に光を効率的に取り出すことができる。

【0030】図5（B）に、比較例として、徐冷法でAlGaAs層を成長させた場合のAl組成比の分布を示す。徐冷法を用いると、成長最表面の温度が変動するため、Al組成比も変動する。ある温度まで低下した後再加熱すると、Al組成比が不連続に変化する。このため、Al組成比の分布が三角波状になる。このため、例えばAl組成比が0.28になるように制御しても、組成比が0.28以下になる部分も現れる。Al組成比が0.28以下の部分は、活性層8から放出された光のうち一部（図5（B）の発光スペクトルのLの部分）を吸収してしまう。このため、支持層4側への光の取り出し効率が低下してしまう。

【0031】また、Al組成比が不連続に変化する部分に、ポテンシャルの低い領域が現れ、ここにキャリアが蓄積される。この蓄積されたキャリアは、高速動作を阻害する要因になる。さらに、Al組成比の大きな領域は、相対的に電気抵抗が高くなるため、素子全体の抵抗を高くなってしまふ。

【0032】上述のように、発光素子を形成するための基板として使用する支持層4は、厚さ方向におけるAl組成比の変化が小さく、相対的に素子全体の抵抗を下げるのが可能な温度差法で成長させることが好ましい。

【0033】また、支持基板4上に発光積層構造を再成長させる前に、支持基板4に自然酸化膜除去処理を施すことが、素子全体の抵抗を下げるうえで好ましい。自然酸化膜除去処理として、上記の実施例では、厚さ方向におけるAl組成比の変化がほとんどないように作製した高濃度層2を設けた支持基板4を用い、前述したCMPによる最終仕上げを行った後に次のような処理を行った。

【0034】支持基板4の表面を有機溶剤による洗浄、水洗、濃塩酸による洗浄、及び水洗を順番に行う。硫酸と過酸化水素水と水とが、体積比で5：1：1に混合された水溶液に支持基板4を浸漬させ、表面のダメージ層を除去する。なお、用いた硫酸は濃度96重量%、過酸化水素水は濃度31重量%のものである。

【0035】次に、下記に示す手順で、支持基板4の表面に形成されている自然酸化膜除去処理を行う。なお、

下記の手順は、窒素雰囲気等の非酸化性雰囲気中にされたグローブボックス中で行われる。

【0036】まず、支持基板4を、3重量%の塩酸に約1分間浸漬させる。これにより、支持基板4の表面に形成されている自然酸化膜が除去されと考えられる。なお、塩酸に浸漬させる代わりに、支持基板4の酸化物を除去することができる雰囲気中に支持基板4を晒してもよい。例えば、塩酸以外のハロゲン化水素の水溶液に浸漬させてもよいし、水素プラズマやアルゴンプラズマに晒してもよい。

【0037】塩酸から支持基板4を取り出した後、水洗することなく、支持基板4の表面に残っている塩酸を、イソプロピルアルコール等のアルコール類で置換する。支持基板4の表面に窒素ガスを吹き付け、アルコールを除去する。

【0038】支持基板4を、大気に晒すことなく有機金属化学気相成長(MOCVD)の成長炉内に配置する。成長炉内に水素ガスを満たし、圧力を0.1気圧とし、温度750℃で5分～1時間の成長前熱処理を行う。この熱処理により、支持基板4の表面に残っている自然酸化膜が除去されと考えられる。なお、水素の代わりに、アルシン等の他の還元性雰囲気中で成長前熱処理を行ってもよい。

【0039】また、上述の実施例で採用した自然酸化膜除去手順を種々変更して、試料#1～#6を作製した。なお、電流拡散層11を含む他の発光積層構造の構成は実施例と同一である。

【0040】図6(A)に、試料#1～#6で採用された自然酸化膜除去手順、及び各試料の残留酸素面密度及び光出力維持率を示す。試料#6が、上述の実施例の手順を採用したものである。試料#5は、成長炉中での成長前熱処理を行わなかったものである。試料#4は、自然酸化膜除去処理を大気中で行い、かつ成長前熱処理を行わなかったものである。

【0041】試料#3は、支持基板4を塩酸から取り出した後、アルコール置換を行う前に水洗し、成長前熱処理を行わなかったものである。試料#2は、試料#3の自然酸化膜除去処理と同一の処理を大気中で行ったものである。試料#1は、自然酸化膜除去処理を行わなかったものである。

【0042】光透過維持率は、当初の光出力に対する1000時間通電後の光出力の比である。なお、各試料は、一辺が370μmの正形状であり、バイアス電流は100mAとした。

【0043】図6(A)に示した測定結果の評価を行う前に、図7を参照して、残留酸素面密度の計算方法を説明する。

【0044】図7は、ある試料の深さ方向の不純物濃度の2次イオン質量分析(SIMS)結果を示す。横軸は深さ方向の位置を単位「μm」で表し、左縦軸は、炭素

原子、酸素原子、及び塩素原子の濃度を単位「原子/cm<sup>3</sup>」で表し、右縦軸は、Alの2次イオン強度を単位「カウント/秒」で表す。なお、図2に示した実施例では、図2(A)に示したGaAs仮基板1は既に除去されているが、図7の測定対象試料には、GaAs仮基板が残されている。

【0045】深さ約0.28μmの位置で、Alの2次イオン強度が急峻に立ち上がっている。この位置が、GaAs基板と、その表面上にLPEにより成長されたAl<sub>0.37</sub>Ga<sub>0.63</sub>As支持層との界面に相当する。深さ1.38μmの位置に、Alの2次イオン強度の立ち下がりが観測される。この位置が、AlGaAs支持層と、その上にMOCVDにより成長されたAl<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>As層との界面に相当する。支持層とAl<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>As層との界面に、酸素濃度のピークが現れている。残留酸素面密度は、この界面の酸素濃度のピーク波形の面積で表される。次に、図8を参照して、ピーク波形の面積の求め方を具体的に説明する。

【0046】図8は、酸素濃度のピークの一例を示す。横軸は深さxを単位「cm」で表し、縦軸は酸素濃度を単位「原子/cm<sup>3</sup>」で表す。酸素濃度のバックグラウンドレベルをC<sub>0</sub>とし、酸素濃度のピークと、バックグラウンドレベルとの交点を、x<sub>1</sub>及びx<sub>2</sub>(x<sub>1</sub><x<sub>2</sub>)とする。酸素濃度のピーク波形が関数C(x)で表される場合、残留酸素面密度σは、

【0047】

【数1】

$$\sigma = \frac{\int_{x_1}^{x_2} (C(x) - C_0) dx}{x_2 - x_1}$$

で表される。

【0048】図6に戻って説明を続ける。図6(B)は、横軸を残留酸素面密度とし、縦軸を光出力維持率とした場合の6個の試料の散布図を示す。通常、光出力維持率は0.7以上とすることが望まれる。従って、残留酸素面密度を1×10<sup>14</sup>cm<sup>-2</sup>以下とすることが好ましい。なお、残留酸素面密度が2.2×10<sup>13</sup>cm<sup>-2</sup>以上になると、光出力維持率が急激に低下してしまう。このため、残留酸素面密度を2.2×10<sup>13</sup>cm<sup>-2</sup>以下とすることがより好ましい。

【0049】試料#3と#5とを対比すると、支持基板を塩酸に浸漬させた後アルコール置換を行う前に、水洗を行うと、残留酸素面密度が多くなることがわかる。これは、水洗により、支持基板の表面に新たに自然酸化膜が形成されてしまうためと考えられる。従って、アルコール置換前に水洗を行わないことが好ましい。

【0050】また、試料#4と#5とを対比すると、自然酸化膜除去処理を窒素雰囲気中で行う方が、大気中で

行う場合に比べて、残留酸素面密度を低減できることがわかる。また、試料#5と#6とを対比すると、AlGaAs層をMOCVDでエピタキシャル成長させる前に、水素雰囲気中で成長前熱処理を行うことにより、残留酸素面密度をさらに低減できることがわかる。なお、アルシン等の水素ガス以外の還元性ガス雰囲気中で熱処理を行ってもよい。この場合には、熱処理温度を、水素の解放が始まる温度（例えば、アルシンでは約400℃）以上とし、大量のガスを供給するとよい。また、成長前熱処理の効果をより高めるために、水素等の還元性雰囲気中で熱処理温度をMOCVDによる成長温度よりも高くすることが好ましい。特に、支持基板4とその上に再成長させる層との界面の残留酸素濃度密度を $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ 以下とすると、素子全体の抵抗を下げ、寿命を長くすることが可能になる。

【0051】次に、図9を参照して、電流拡散層11の好ましい構成について説明する。図2に示した半導体発光装置の平面図の面積、すなわち基板法線に沿って見たときの歪量子井戸層8の面積を $S [\text{mm}^2]$ 、電流拡散層11の厚さを $d [\text{mm}]$ としたとき、図9の横軸は $d/S$ を表し、縦軸は、規格化光出力を不定単位で表す。図中の三角記号、四角記号、及び菱形記号は、それぞれ平面図の一边の長さが $270 \mu\text{m}$ 、 $370 \mu\text{m}$ 、及び $500 \mu\text{m}$ の半導体発光装置の規格化光出力を示す。ここで、規格化光出力は、一边の長さが等しい試料群のうち $d/S$ の最も小さな試料の光出力を1としたときの相対値で表される。なお、支持基板4は、厚さ方向におけるAl組成比の変化が上述した図5(B)のようにほとんど観察されない温度差法で作製されたものである。また、支持基板4とその上に再成長する層との界面の残留酸素面密度を $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ 以下として、上記実施例と同一の発光積層構造が作製されている。

【0052】面積 $S$ に対する厚さ $d$ の比 $d/S$ が大きくなるに従って、光出力が大きくなっていることがわかる。これは、電流拡散層11が厚くなるに従って電流がより広く拡散し、発光領域が広がったためである。 $d/S$ が $0.01 \text{ mm}^{-1}$ を超えると、光出力の増加傾向が弱まる。特に、 $d/S$ が $0.03 \text{ mm}^{-1}$ を超えると、それ以上電流拡散層11を厚くしても、光出力はほとんど増加しない。これは、既に電流が十分拡散され、全領域で十分な強度の発光が生じているためと考えられる。このため、 $d/S$ を $0.01 \text{ mm}^{-1}$ 以上とすることが好ましく、 $0.03 \text{ mm}^{-1}$ 以上とすることがより好ましい。

【0053】上記実施例では、電流拡散層11として、上部クラッド層10のバンドギャップよりも小さなバンドギャップを有する半導体材料で形成した。これにより、電流拡散層11の抵抗率が低下し、電流を拡散させることが可能になった。なお、電流拡散層11を、上部クラッド層10と同一の半導体材料で形成し、その不純物濃度を高めることによって低抵抗化を図ることがで

きる。ところが、不純物濃度を高めると、光の透過率が低下してしまうことがわかった。上記実施例のように、不純物濃度を高めることなく、電流拡散層11の抵抗率を低下させることにより、光の取り出し効率を高めることが可能になる。

【0054】上記実施例の場合には、支持基板4が物理的支持力を有する程度の厚さにされている。厚い支持基板4が電流拡散層として働くため、歪量子井戸層8とp側電極16との間には、n側の電流拡散層11に相当する半導体層を挿入する必要はない。支持基板4の背面（p側電極16が形成されている面）から歪量子井戸層8までの厚さが、電流拡散層11の上面から歪量子井戸層8までの厚さよりも厚い場合に、電流拡散層11を挿入する効果が高い。

【0055】図1に示した支持基板4側のp側電極はハニカム形状であり、支持基板4の底面のほぼ全面に形成されている。p側電極は、底面のほぼ全面に形成する必要はなく、底面の一部の領域に形成し、p側電極の周辺領域から光を取り出すようにしてもよい。この場合、支持基板4の背面から歪量子井戸層8までを厚くすることによる効果が大きい。

【0056】以上実施例に沿って本発明を説明したが、本発明はこれらに制限されるものではない。例えば、種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは当業者に自明であろう。

【0057】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、クラッド層と電極との間に、クラッド層よりもバンドギャップの小さな半導体材料で形成された電流拡散層を挿入することにより、電流を面内方向に拡散させることができる。これにより、電極が配置されていない領域まで発光領域が十分広がり、光の取り出し効率を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例による半導体発光装置の断面図である。

【図2】電流拡散層側の電極の平面図である。

【図3】支持基板の作製方法を説明するための基板の断面図である。

【図4】支持基板のX線ロックアップカーブの半値幅と、半導体装置の出力維持率との関係を示すグラフである。

【図5】図5(A)は、実施例による方法で作製した支持基板のAl組成比の分布、及び発光スペクトルを示すグラフであり、図5(B)は、比較例による方法で作製した支持基板のAl組成比の分布、及び発光スペクトルを示すグラフである。

【図6】実施例及び比較例による各試料の酸化膜除去手順、残留酸素面密度、及び光出力維持率を示す図表、及び横軸を残留酸素面密度とし縦軸を光出力維持率とした場合の各試料の散布図である。



【図7】GaAs基板上にLPEによりAlGaAs層を成長させ、その上にMOCVDにより他のAlGaAs層を成長させた積層構造のSIMS分析結果を示すグラフである。

【図8】残留酸素面密度の求め方を説明するための酸素濃度のピークの例を示すグラフである。

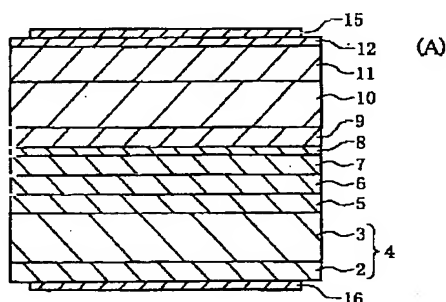
【図9】半導体発光装置の基板法線方向に沿って見たときの活性層の面積に対する電流拡散層の厚さの比と、光出力との関係を示すグラフである。

【符号の説明】

- 1 p型GaAs仮基板
- 2 p型AlGaAs高濃度層

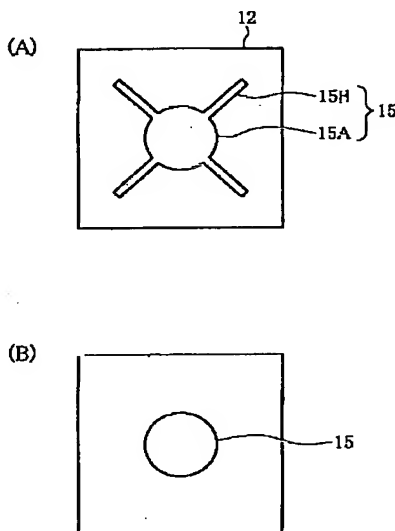
- 3 p型AlGaAs低濃度層
- 4 支持基板
- 5 p型AlGaAsバッファ層
- 6 p型AlGaAs下部クラッド層
- 7 p型AlGaAs下部キャリア閉込層
- 8 InGaAs歪量子井戸層
- 9 n型AlGaAs上部キャリア閉込層
- 10 n型AlGaAs上部クラッド層
- 11 n型AlGaAs電流拡散層
- 12 n型GaAsコンタクト層
- 15 n側電極
- 16 p側電極

【図1】

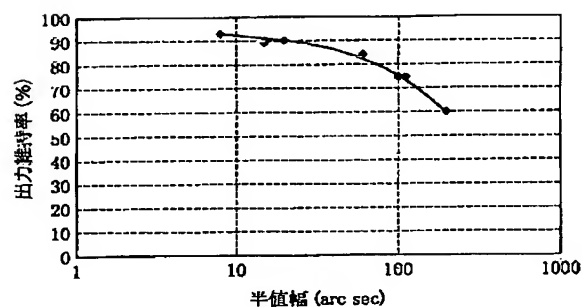


- 5: バッファ層
- 6: 下部クラッド層
- 7: 下部キャリア閉込層
- 8: 歪量子井戸層
- 9: 上部キャリア閉込層
- 10: 上部クラッド層
- 11: 電流拡散層
- 12: コンタクト層
- 15: n側電極
- 16: p側電極

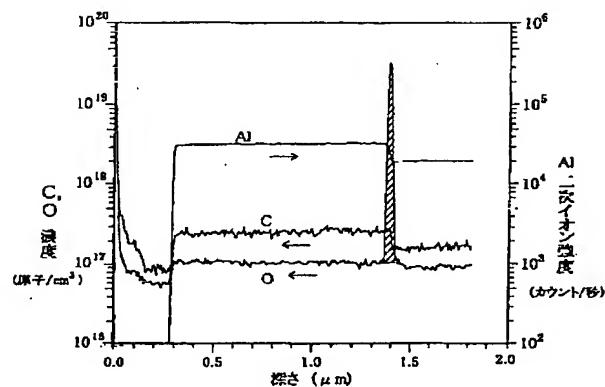
【図2】



【図4】

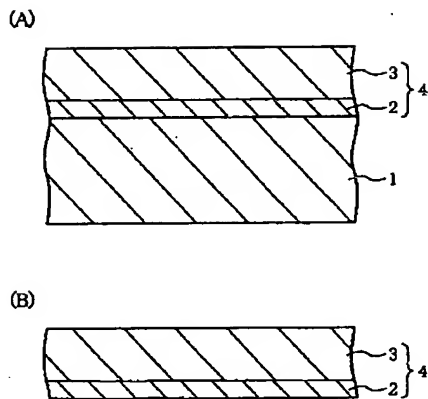


【図7】



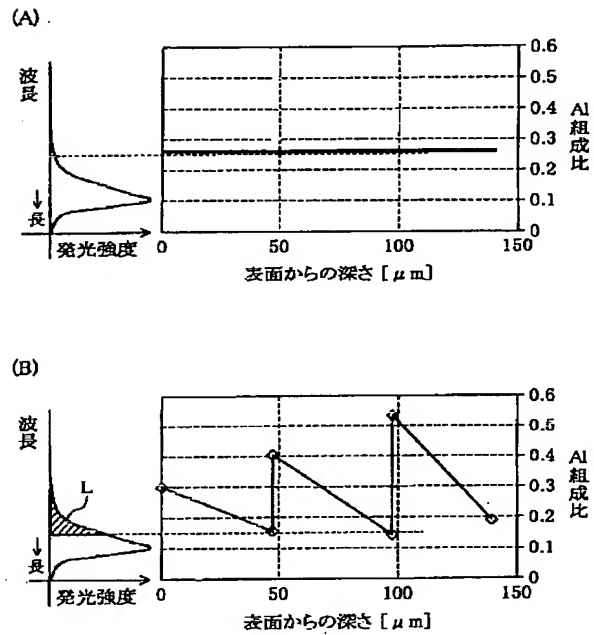


【図3】



1: GaAs仮基板  
2: p-AlGaAs高濃度層  
3: p-AlGaAs低濃度層  
4: 支持基板

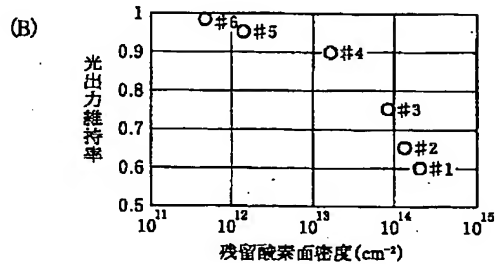
【図5】



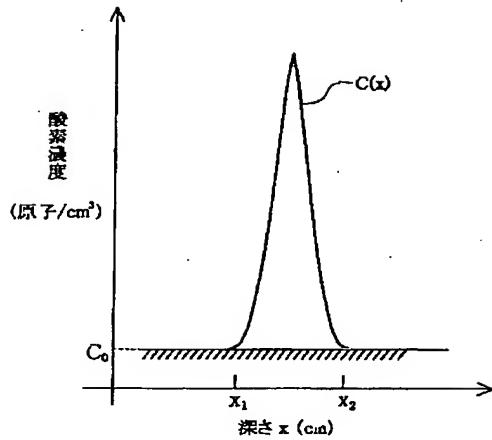
【図6】

(A)

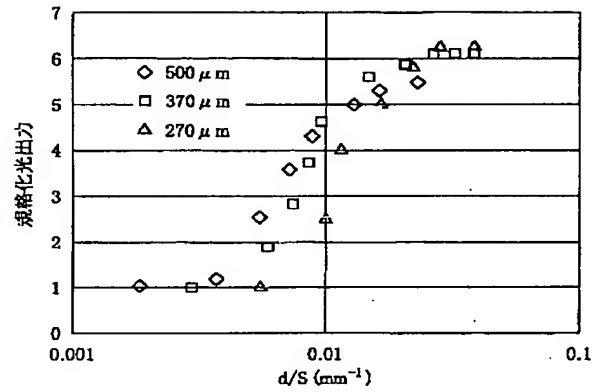
試料番号	#1	#2	#3	#4	#5	#6
酸化膜除去雰囲気	大気中	大気中	N <sub>2</sub> 雰囲気	大気中	N <sub>2</sub> 雰囲気	N <sub>2</sub> 雰囲気
ハロゲン化水素処理の有無	×	○	○	○	○	○
水洗の有無	×	○	○	×	×	×
アルコール置換の有無	×	○	○	○	○	○
成長中の熱処理の有無	×	×	×	×	×	○
残留酸素面密度 (×10 <sup>12</sup> cm <sup>-2</sup> )	220	140	82	22	1.4	0.46
光出力維持率	0.5	0.65	0.75	0.9	0.95	0.98



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 笹倉 賢  
東京都目黒区中目黒2-9-13 スタンレ  
ー電気株式会社内  
(72)発明者 富田 尚太郎  
東京都目黒区中目黒2-9-13 スタンレ  
ー電気株式会社内

(72)発明者 川口 恵蔵  
東京都目黒区中目黒2-9-13 スタンレ  
ー電気株式会社内  
Fターム(参考) 5F041 AA03 CA04 CA05 CA12 CA36  
CA53 CA65 CA85 CA93 CB13